



次世代のレーザー技術

吉田 実*
M. Yoshida

レーザーが誕生したのは1960年と言われています。(さらに遡れば、アインシュタイン博士のA係数とB係数に至ります) マイクロ波の技術の延長として、「光メーザー」などと呼ばれていた時代を経て、現在ではレーザー以外の名称を使う人は存在しないと思います。約65年間使われ続けている、とても寿命の長い技術であると言えます。少し分野は異なりますが、例えば、画像を遠くに送るテレビについて考えてみますと、高柳博士の成功からほぼ100年という長い時間が経過していますが、その中核となる撮像素子も画像を表示する方式も大きく変化しています。レーザーも、赤色の波長でパルス発振するルビーを増幅媒質とした固体レーザーから始まり、炭酸ガスやヘリウムネオンなどのガスレーザー、色素レーザー、化学レーザー、自由電子レーザーなどに裾野を広げながら、電気から光へ高効率に変換可能な半導体レーザー (LD) の誕生によって、活躍の場を大きく広げました。

LDの発明は、レーザーの利用域の拡大に画期的な変化をもたらしました。NdをドーピングしたYAGは、レーザー材料としてとても優れていて、長い期間にわたり使われています。かつてはフラッシュランプなどの放電管を利用して励起をしていましたが、エネルギー効率が低く、多くの場合において冷却用の水回りが必要であり、小型化や長寿命化については「現場で使うにはこれしか選びようが無い」という選択の下で利用されていたのではないかと思います。そこに、LDが登場しました。LDは、1970年に室温連続発振が達成されたことにより実用の域に入りました。まずは通信分野を視野に入れて研究が進められていたと思いますが、Ndを用いたレーザーの励起光源として、800nm帯LDの高出力化が進められました。一方で、LDの高出力化と信頼性の向上に貢献したのは、光通信分野の研究ではないかと思えます。

光通信では、信号用の光源として、長寿命 (10から20万時間) な1300nm帯あるいは石英系光ファイバの最低損失波長である1550nm帯の、出力1mW未満のLDを多く使用してい

ました。一方で、光ファイバのコアに入射する信号の波長多重化により大量の情報を伝送可能であることはわかっていましたが、中継技術が存在しませんでした。(もちろん、電気の増幅回路を用いて、光/電気/光変換による中継は可能ですが、それらを海底光通信の中継装置として、波長数に相当する100台以上の数を、海底に沈めることは困難です)

そこで登場したのが光増幅技術です。国内でも、世界的に見ても早い時期である1985年に、ある光ファイバメーカーにおいて、希土類元素をドーピングした増幅用光ファイバの研究と光増幅器の開発が進められていました。1989年にはそのメーカーにより、定盤の上を離れて、100Vの商用電源により運用できる、手のひらサイズのErドープファイバを用いた光増幅器 (EDFA) が商用化されました。このときに励起源として利用されたのが、1480nm帯の高出力なLDです。その後、電気から光への変換効率の高さや、増幅特性の一つである雑音指数の低さから、EDFAの励起源として980nm帯のLDを用いることが多くなっていますが、この技術が高出力な980nm帯および920nm帯のLDに展開され、高性能なYbを用いた固体レーザーに繋がっています。余談ですが、ITバブルにより、大量のお金が研究開発に投入されたために、短期間で実用化に結びついた技術であろうと思います。今では、青色の高出力LDも目覚ましい発展を遂げています。

このように高出力化されたLDは、その光出力を、例えば大口径ファイバによる導光を経て加工に直接利用されたり、固体レーザーを高性能化するための励起源として利用されたりしています。また、LDの利用による固体レーザーの革新的な展開は、1990年代にみられています。それは、通信用光増幅器の技術を利用し、増幅媒質である希土類元素ドープファイバを利用した、単一横モードのファイバから得られる、フェムト秒領域の短パルスの発生などから始まり、その後、2000年代に入ってダブルクラッドファイバを用いたクラッド励起技術の高性能化により、金属の熱加工が可能となる高出力化に至っています。もちろん、

* 近畿大学 教授

*1 光射〔造語〕 レーザー(光)プロセッシング(照射)で明るい(光輝く)未来を拓く(射止める)

ファイバレーザーだけではなく、ディスクやロッド型のレーザーの高性能化にも寄与していることも言うまでもありません。

ここまでをお読み頂くと、金属加工に利用可能なファイバレーザーは、通信用光増幅器にルーツがあるように感じられるかも知れません。それは概ね間違っはおりませんが、レーザー光をコアとクラッドの構造を持つ長尺な導波路内で増幅し発振させる技術は、実は1964年に研究成果が報告されています。励起源にフラッシュランプを用い、導波路は現在のファイバと異なり可撓性はなく、らせん状の繊細なガラス細工で作られていました。その後、通信用ファイバ技術の進展により、低損失化やコアの屈折率分布の制御性の向上などが進められ、現在のファイバレーザーに近づきました。なお、ダブルクラッドファイバは、励起に用いるための横マルチモードLDの高出力化がまだ十分に見通せなかった1994年に、断面形状を含めた詳細な特許が出願されています。

ファイバレーザーの始まりは1964年に遡れますが、それが実用的な道具として利用できるようになるには、ファイバとLDの高性能化が実現されるまでの「時」が必要であったことがわかります。古いアイデアを見過ごすことなく、今の技術を適用して新しく生まれ変わらせることにより、社会に貢献可能となる事例は少なくないのではないかと考えます。特に、材料との出会いは、ファイバの低損失化でもLDの高性能化でも不可欠であったと考えています。同様に、固体レーザーの媒質も、結晶、ガラス、セラミックスさらには新しい組成へと進歩を遂げており、現在も高性能化が進められています。

今年の研究成果発表会では、革新的な高エネルギーと高繰り返しを目指したパルスレーザーの御研究に関する特別講演を賜ります。また、助成研究成果として、高い実用性を目指した中赤外域のレーザーのご発表と、短尺で増幅可能なファイバにより実現された高繰り返しな短パルスレーザーのご発表を頂戴します。これらのご講演では、新規な

レーザーの構成と共に、新しい材料や増幅方式に関する話題も伺うことができ、今後のレーザー技術のみならず、光とレーザーの応用に広範囲な示唆を頂け、未来のレーザーを予感できる話題をご提供頂けることと思量致します。

技術の更新サイクルが短くなりつつある中で、先進的な技術を生み出すことにより、これまでに無い応用を展開可能とすると共に、長期間にわたり産業分野や科学技術分野に貢献できる革新的なツールを生み出すことが、産業競争力の源泉に繋がると考えられます。今後も、皆様の御研究に新しい展開が得られますことを祈念致します。